

# 阿寒町阿寒湖畔温泉調査報告

— 温泉とその熱利用 —

早川 福利・松波 武雄・二間瀬 洌・  
三上 正樹\*・和気 徹・横山 英二

## まえがき

阿寒湖畔温泉は、阿寒湖の南東湖畔に位置し、阿寒国立公園内における有数の温泉地の1つである。付近の地質および温泉については、過去多くの調査研究がある。湖畔温泉については、昭和36年(1961)に、河田英らが地質調査・地温調査・電気探査をもとにボーリングを実施(河田ほか, 1962)して以来、河田による系統的な泉源開発により、優秀な泉源確保に成功している(河田, 1979)。

最近、地熱・温泉が従来の浴用利用の他に、暖房・給湯など多目的に利用しうる熱源として、脱石油エネルギー源の面から、ローカルエネルギーとして着目されつつある。阿寒町では、このような観点から湖畔一帯の熱利用に注目し、その資源・活用方法などについて調査を始めるべく、地下資源調査所と工業試験場に打診された。

この調査報告は、町からの依頼により、昭和56年(1981)7~8月に実施した調査結果をとりまとめたものである。調査の実施に当たっては、湖畔一帯の泉源等を管理されている前田一步園をはじめ、地元の方々や町役場職員の方々に御協力をいただいた。また、調査資料の検討や結果の解釈については、河田英博士(上山試錐工業KK)の助言、指導をうけた。ここに明記し感謝の意を表す次第である。

地熱・温泉の熱利用は、浴用以外の多目的となれば、泉源の保有・利用の集中化など複雑な問題が多く、多目的化すればするほど設備投資などの経費がかかる。しかし、温泉地では比較的利用集落が集中していることなどを考えると、最も熱利用が進められるべき要素は大きい。とくに、阿寒湖畔においては、泉源の保有、管理が前田一步園において集中化され、合理的に開発、利用が進められているので、条件として優れているといえよう。

この調査の目的は、地熱・温泉の熱利用について、

資源面での開発の可能性とともに、利用面での基本的構想について検討を加え、開発利用の基本方針確立のための資料・指針を提供することにある。したがって、調査の内容は、温泉に関する地質学的調査と物理化学的調査に加えて、熱利用のあり方やその管理方式などについても検討を実施し、過去に実施された各種調査資料の検討もあわせて行ったものである。調査の分担は、地質学的観点から松波、地化学の見地から二間瀬、横山、地球物理学の見地から早川、和気、熱利用工学的立場から三上が、それぞれ分担し意見を交換しつつまとめたものである。

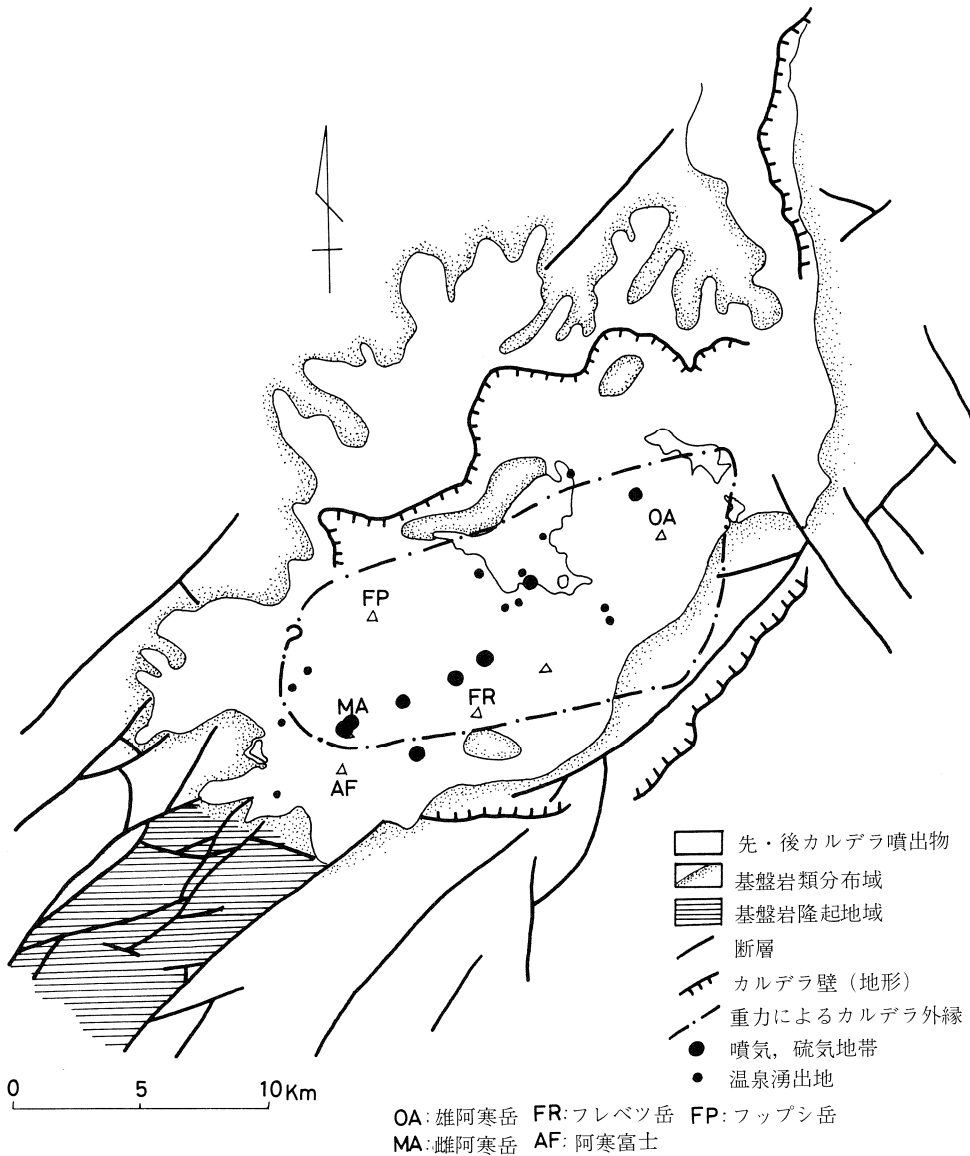
## I 地 質

### 1. 阿寒カルデラの構造

阿寒カルデラ内には、活発な噴気活動を続けている雌阿寒岳をはじめ、雄阿寒岳、フツン岳、フレベツ岳などの新しい成層火山が存在し、地熱徴候も多数存在する。これらの徴候は、大局的にオンネトー南方の湯の滝に始まり、雌阿寒岳火口、渋川泥火山、白土、ポッケ泥火山、雄阿寒岳北麓にいたるほぼNE-SW方向の帯状の地域内(第1図)に存在することが指摘されている(福富ほか, 1969)。このような帯状の配列分布は、地下に構造的な弱線が潜在していることを暗示するものであろう。このNE-SW方向は、阿寒火山の基盤岩類にみられる主要な地質構造の方向と一致している。一方、雄阿寒温泉と阿寒湖畔温泉を結ぶ単純泉湧出地帯には、上記の方向と斜交する弱線が想定されている(勝井, 1951, 鈴木ほか, 1957)。このように、阿寒カルデラ内における地熱徴候は、その熱源の点ではカルデラ形成後それに引き続く火山活動と密接な関係を有しているとみられ、地熱流体の胚胎機構の点では、カルデラ内の地質構造が密接に関与していると考えられる。

阿寒湖盆は、知床方向(NE-SW)に長軸をもつ長

\* 北海道立工業試験場



第 1 図 阿寒カルデラにおける地熱徴候分布  
 Fig. 1 Geothermal showings on and around AKAN Caldera.

径約 24 km, 短径約 13 km の楕円形の凹地であり, 火山性陥没によって生じたものと考えられている. この湖盆の基盤構造は, カルデラの南西延長に分布する白亜系~新第三系と北東延長に分布する新第三系の周辺構造からみて, NE-SW 方向の背斜構造を形成しているとみられている. 阿寒湖盆は全体としてみれば基盤の隆起帯の上に形成されている. 佐

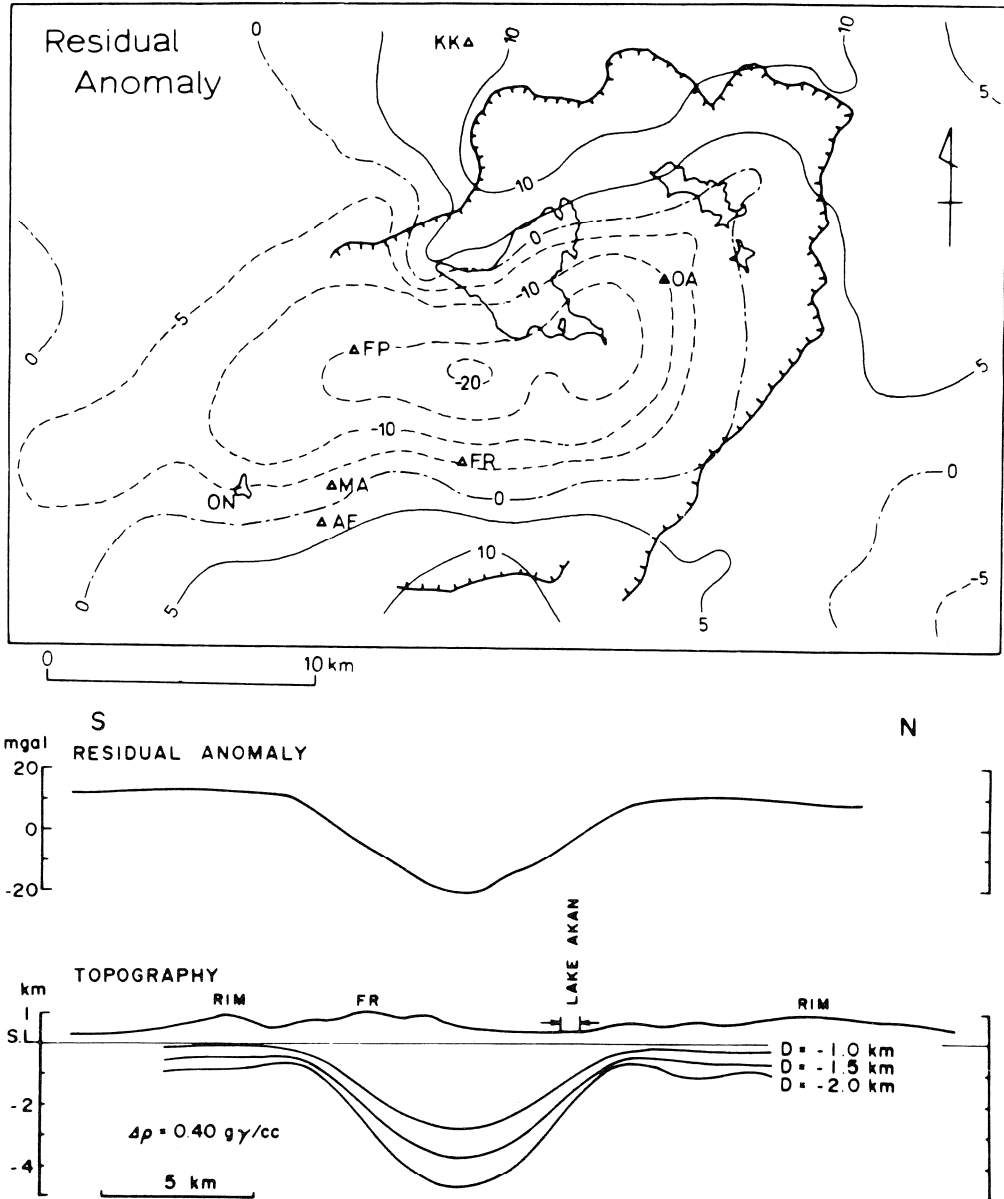
藤(1965)は, 陥没時の破壊作用が少ないことや, カルデラ底中央部に基盤の新第三系が広く分布することから, 単純なクラカトア型カルデラというより, むしろ, 火山構造的な陥没地に属するとしている. 火山性陥没については, 近年の重力測定からもうらづけられている (大川, 横山, 1979)\*. この重力測定結果によると, 阿寒カルデラは屈斜路カルデラな

\* 以下にのべるように, 地学的解釈とは多くの異なった点がある.

どと同様に低重力異常型で、残差異常は-25 mgalに達しており、カルデラ中心における基盤面までの最大深度は2.7~4.7 kmと見積られている。また、重力異常分布から推定されるカルデラの外縁は、地形上のカルデラ壁よりかなり内側にあり、その形態も地形上の伸長方向(NE~SW)に斜交し東西方向

に卓越している(第2図)。重力分布からみたカルデラの中心は、フレベツ岳の北方約3 kmにあり、雌阿寒岳からフレベツ岳にかけての東西の火山群や阿寒湖北岸部は、カルデラの外縁部に位置している。

一方、地形上のカルデラ内には、新第三紀層が分分することが知られている(佐藤, 1965)。このう

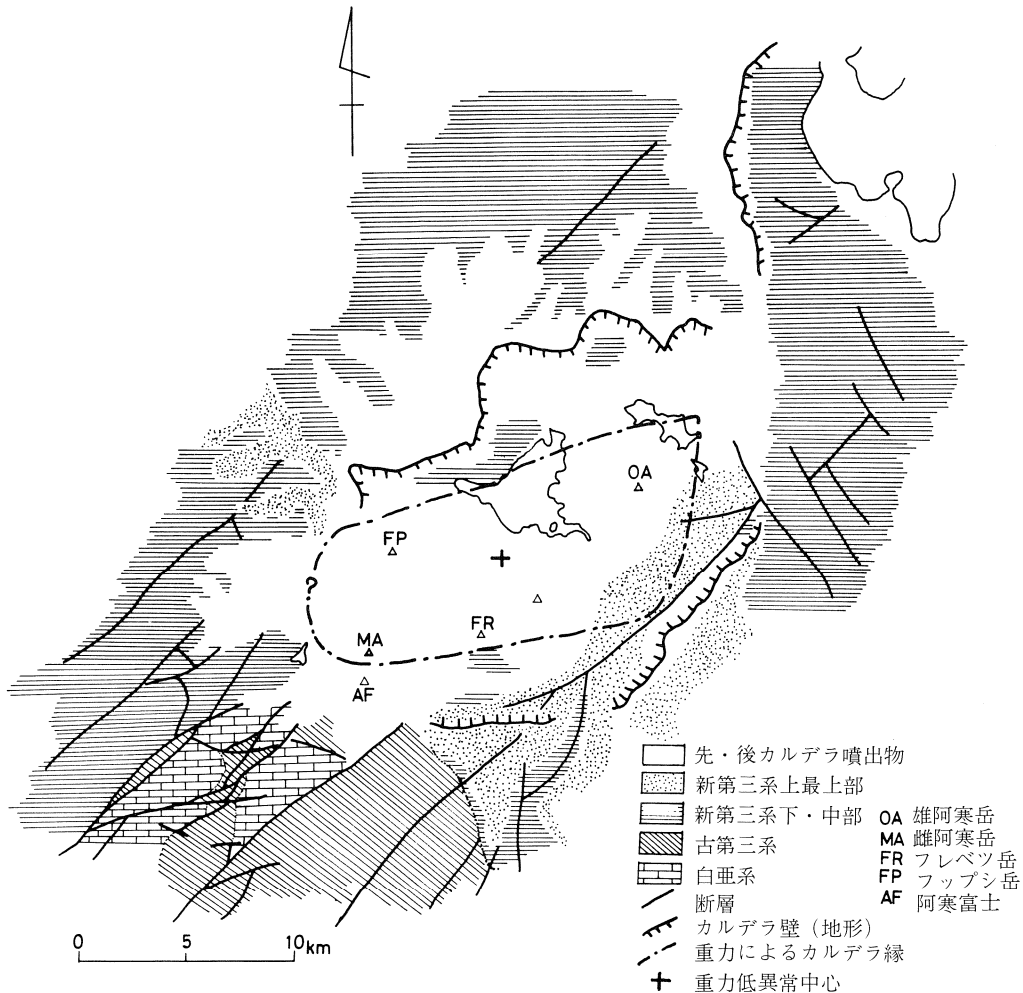


第2図 阿寒カルデラ周辺の重力分布  
(大川, 横山, 1979より)

Fig. 2 Distribution and profiles of residual gravity anomalies on and around AKAN Caldera. (By OHKAWA and YOKOYAMA, 1979)

ち、阿寒湖北岸とフレベツ岳南麓における新第三紀層（中新統）の分布域は、重力分布からはカルデラ外壁部に相当している（第 3 図）。また、阿寒湖南岸にも新第三紀層（中新統）が広く分布するとされ、従来から阿寒カルデラの特徴の一つとされてきた。しかし、この位置は重力から推定されるカルデラの中心部に極めて近い位置に相当している。一般に、カルデラの低重力異常はカルデラ堆積物によるもので、それらは噴出物の fall-back と爆発の際に破壊された旧山体の fall-back から成り立っている（横山, 1965, 1974）。したがって、重力測定から推定される基盤面の深度などを考慮するならば、阿寒湖南岸（湖畔温泉付近）に新第三紀層が広く分布することには、多くの疑問があると考えられる。

阿寒火山群の形成史については、外輪山溶岩の流出→火山碎屑流の噴出→カルデラの形成→カルデラ内の湛水（古阿寒湖層の形成）→中央火口丘群の形成→堰止湖（阿寒湖など）の形成という一連の活動史が明らかにされている（勝井, 1958, 佐藤, 1965）。したがって、中央火口丘群（フレベツ岳、フップシ岳、雄阿寒岳、雌阿寒岳など）の形成以前のカルデラ内は、基盤岩類はさておき、カルデラ噴出物と湖成層（古阿寒湖層）で構成されていたと推定される。これらの地層は、その後の中央火口丘群の溶岩によって広く覆われているため、地表では阿寒湖南岸（堰止湖周辺）や阿寒川沿い（排水流路周辺）にわずかに露出するにすぎない。しかし、それらの分布域は、重力から推定されるカルデラ内に広



第 3 図 阿寒カルデラの基盤構造  
 Fig. 3 Basement structure of AKAN Caldera.

く存在することが予想される。

阿寒カルデラに隣接する屈斜路カルデラ内で行われた地熱調査井の汲上げ試験において、大量に汲上げたにもかかわらず、孔内水位はほとんど変化しなかったことが報告されている(一杉, 1967)。低密度の堆積物によって満たされていると推定される阿寒カルデラ内も、流体の胚胎にとっては好条件にあるものとみられる。

## 2. 阿寒湖畔温泉の地質と地熱構造

阿寒湖畔温泉付近の地下には、新第三紀中新世の湖畔層と更新世の古阿寒湖層が分布するとされている(佐藤, 1965)。温泉開発対象層となるこれらの地層は、沖積層や湖岸段丘堆積物で覆われているため、その実態を地表調査のみから明らかにすることは困難である。しかし、昭和36年(1961)から始まった阿寒湖畔における系統的な温泉開発により、多くの地下の情報が得られている(河田, 1979)。ここでは、今までの報告をもとに検討を行う\*。

古阿寒湖層は、一般に砂岩泥岩の互層からなり礫岩を狭在する地層であり、砂岩には軽石片より構成されるものも存在する(佐藤, 1965)。この地層と新第三紀層との境界は地表では確認されていない。一方、湖畔層は温泉ボーリングによって湖畔付近一帯の地下に広く分布することが確認されている地層である。それらは岩相により上、中、下部の3層に分けられている。上部層は軽石凝灰岩を主とし、一部に泥岩を伴っている。中部層は凝灰質泥岩を主とし軽石凝灰岩を伴っている。下部層は凝灰角礫岩・砂岩を主とし、一部に泥岩を伴っている。さらに、湖畔層の上位には10m前後の古阿寒湖層の存在が報告されている(河田, 1979)。ところで、湖畔層が新第三紀層とされる根拠は明確ではない。湖畔層が新第三紀層(中新統)とすれば、阿寒湖南岸ではカルデラ形成時の噴出物(カルデラ堆積物)を欠いていることになる。カルデラの中心部に近い部分において、そのようなことは考えにくいように思われる。仮に新第三紀層が存在してもかなり破壊されたものとなろう。しかし、ボーリングによる地下断面(河田, 1979)は、そのようにはみえない。また、ボーリング柱状図をみると、湖畔層上部の軽石凝灰岩と古阿寒湖層間に特に岩相上の差異はないようにもみられる。さらに、大川・横山(1979)によると、阿寒湖畔温泉地付近の基盤面深度は、約1.5~2.5kmと

見積られている。以上のことより、湖畔層と古阿寒湖層は、カルデラ形成時のカルデラ噴出物と湖成層からなる一連の地層であり、カルデラ形成期(更新世初期)以降の地層ではないかと推論される。ボーリング柱状図にみられる軽石凝灰岩や凝灰角礫岩はカルデラ噴出物\*\*に、泥岩は湖成層に相当するものであろう。ところで、カルデラ形成後にカルデラ内に湛水したならば、下部にカルデラ噴出物が、上部に湖成層が堆積するであろう。しかし、湖畔でのボーリング資料では、火山噴出物と泥岩が互層状に出現している。このことは湛水期にも火山活動が断続的に継続していたことを暗示している。これらの火山噴出物中に、中央火口丘形成時の噴出物や他火山からの噴出物がどの程度含まれるのかは、今のところ明らかではない。

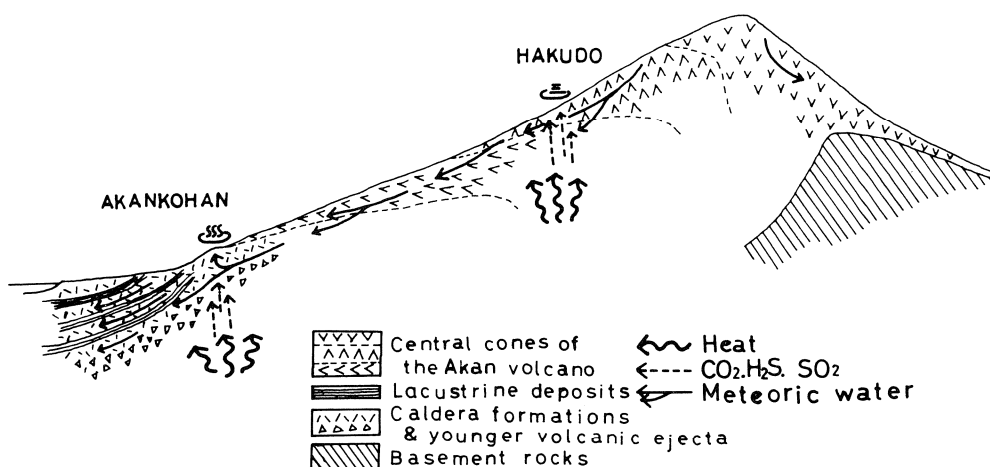
河田(1979)によると、湖畔温泉付近の地層は、全体に褶曲波状構造を呈しており、ボーリングコアのなかにはかなりの急傾斜をしめすものもみられる。褶曲波状構造の背斜部とされている部分には、凝灰岩や凝灰角礫岩などの火山噴出物が卓越している。他方、向斜部とされている部分には、火山噴出物とともに泥岩・砂岩の顕著な発達が見られる。これらの構造は、中央火口丘形成期の隆起運動に由来すると考えられる。背斜部とされている地帯は、隆起運動が著しい地帯であり、比較的湛水化をまぬがれているのであろう。これに相当する地域は、神社山からボッケにかけての地域と白湯川上流付近である。

河田(1979)が指摘しているように、天然の温泉湧出か所は隆起部(背斜部)に存在し、地下の地温分布も地質構造と整合し、隆起部に高温部が位置している。また、掘さく資料によると、隆起部で亀裂の発達が良いことがしめされている。これらのことは、中央火口丘群形成時の隆起運動による変形作用が、熱や火山発散物の地下からの上昇をもたらしやすい条件を形成したことを暗示している。これに対して、沈降部(向斜部)では、泥岩の発達部が不透水層の役割りを、火山噴出物が透水層(温泉胚胎層)の役割りを果たしている。大局的にみると、熱や火山発散物の供給は、隆起部を中心として沈降部におよんでいると推定される。

阿寒カルデラ内に広く分布する中央火口丘溶岩は、天水を保持するよりも地下に浸透流下させる役割りを果たしている。中央火口丘溶岩分布域に存在

\* 筆者の1人(松波)は、過去行われたボーリングにともなうコアについて直接観察する機会を得ていない。ここでは佐藤(1965)、河田(1979)、大川・横山(1978)を中心に検討する。

\*\* 一部はカルデラ形成後の火山噴出物や、他の火山からの噴出物も含まれているであろう。



第 4 図 阿寒湖畔温泉付近の地熱構造モデル

Fig. 4 Conceptually modified geothermal structure on the AKAN KOHAN hot spring.

する渋川・白土の地熱徴候は、火山発散物が主として地表水をあたためているものであり、地下深部からの熱水の供給はないと考えられる。中央火口丘溶岩中を浸透流下した地下水は、溶岩下の地層の隆起部で、熱と火山発散物の供給を受け、一部は高温泉として地表に流出し、一部は沈降部の透水層に保持されていると推定される。この関係を第 4 図に模式的にしめた。なお、松葉谷ほか (1978) による同位体化学的研究により、阿寒湖畔温泉は天水起源の関係にあることが明らかにされている。

雄阿寒温泉は、古阿寒湖層 (佐藤, 1965) からの天然湧出である。今回詳細な湧出機構は明らかにしえなかったが、大局的には湖畔温泉の場合と同様に考えられるのではないかとみられる\*。

阿寒カルデラ内の地熱徴候に対しては、湖畔温泉における 330 m 以浅のボーリングによる泉源開発以外は、天然湧出のままである。これらの徴候に対する深部開発は今後の課題である。今までのべてきた考え方にたてば以下のことが指摘されるであろう。

- 1) 阿寒カルデラ内においては、中央火口丘溶岩下の地層は、地熱流体の胚胎の点からは好条件にある。
- 2) 中央火口丘溶岩分布域中の地熱徴候 (白土・渋川) は、熱と火山発散物の上昇は良好であるが、中央火口丘溶岩そのものは、天水を保持するには適

さないとみられる。

3) 中央火口丘溶岩中に浸透した天水は、中央火口丘の山麓部に流下し、深部から熱や火山発散物の供給のある条件のもとでは、有望な高温泉湧出地帯 (阿寒湖畔・雄阿寒温泉) を形成する。

4) 山麓部の高温泉湧出地帯の地下は、カルデラ堆積物と湖成層より構成されており、隆起帯・沈降帯が形成されている。熱は主として隆起帯を中心として沈降帯におよんでいる。沈降帯では透水層、不透水層のくり返しが予想される。このため、深部において、ある部分では逆に温度の低下がみられる可能性がある。

5) 山麓部の高温泉湧出地帯の泉質は、浅層部 (330 m 以浅) においては、天水を主体とする単純泉である。深部において、より成分に富んだ (Na, Cl など) 高温熱水の存在の有無について今のところ明らかではない。しかし、全体に高濃度の SiO<sub>2</sub> 含量をしめしていることは、より深部において高温地熱流体が存在する可能性をしめすものかもしれない。

## II 阿寒湖畔の泉源状況

阿寒湖畔温泉の泉源は現在第 1 表と第 5 図のようになり、1979 年の河田による調査結果に比べてほぼ同程度の揚湯と見なされる。すなわち、1979 年には 4,148 l/分の総揚湯量であったものが 3,669 l/分となっており、479 l/分の減少である。この間、

\* 鈴木ほか (1957) によれば、山麓をつづる弧状線上に単純泉タイプの温泉が分布することを指摘している。

廃井となったものもあるが、その代替として新しくボーリングが実施されている。各泉源は5号井を除けば、45~70℃の温泉水を200~600 l/分昼夜連続

揚湯している(第6図)。

つぎに、各泉源の採水深度と揚湯温度の変化を、1979年当時(河田による)と比較して第7図にしめた。正次4号井が10℃以上の温度低下を呈しているほかは2~3℃の温度低下である。温度低下を示すのは110m以浅の採水深度のもので、10号井などでは逆にわずかではあるが温度上昇をみせている。このことは、浅部のものが不安定で変化し易いことをしめしている。

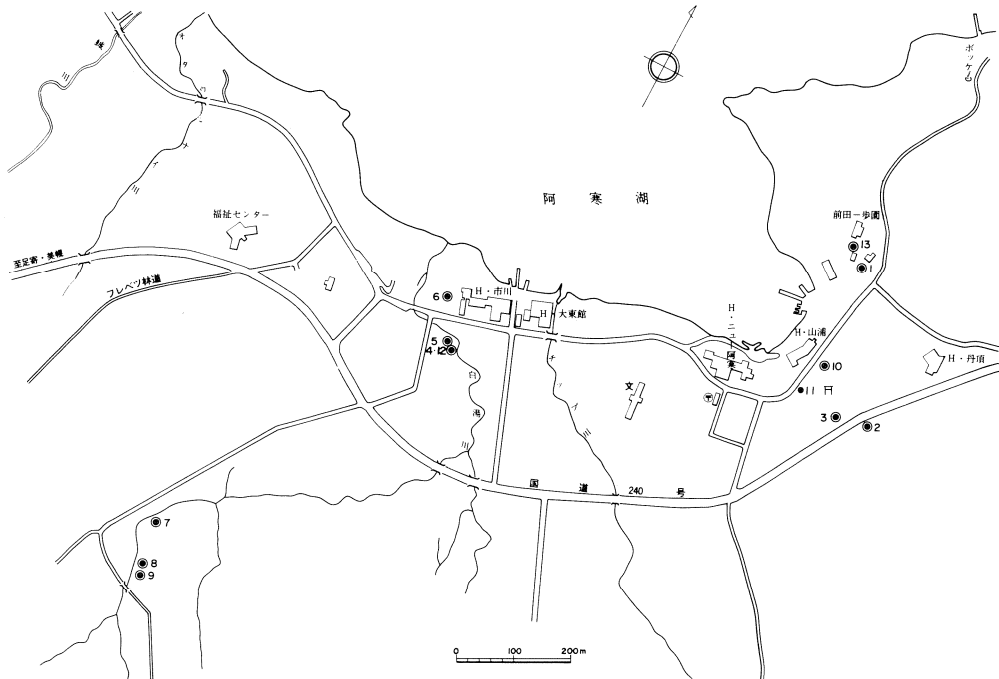
温泉地から放出される熱エネルギーは、温泉水によるもの $Q_1$ と地表から伝導によって運び出されるもの $Q_2$ との総和である。このうち $Q_2$ については福富孝治(1956)によって $3.4 \times 10^7 \text{ cal/min}$ と計算されている。 $Q_1$ については $1.4 \times 10^7 \text{ cal/min}$ と計算されているが、1979年に河田が $21 \times 10^7 \text{ cal/min}$ と算出し開発が進んだことを提言している。今回は河田と同じ方法により、平均地下水温を8.7℃として計算すると $17 \times 10^7 \text{ cal/min}$ となり、わずかであるが減少している。このことは揚湯量の減少と良く対応している。

温泉地から放出されるエネルギー量の推移は下記のようなになる。1956年は天然湧出の温泉を利用していたが、その後、開発が進み1979年には $Q_2/Q$

第1表 泉源状況一覧表(阿寒湖畔温泉)

Table 1 Hot spring wells in Lake-AKAN resort zone

No.	泉源名	深度(m)	湧出量( $\ell/\text{min}$ )	泉温(℃)	備考
1	2号井	118.5	618	64.5	
2	河田泉源	50	347	60.8	
3	神社泉源	23.5	311	63.5	
4	7号井	181.6	203.7	59.6	
5	新7号井	207.5	362	48.0	
6	10号井	332	444	49.6	
7	正次3号井	91.8	335	58.9	個々に測定できず
8	〃 4号井	54.7		72.2	
9	〃 5号井	26		61.2	
10	共同浴場井		349	47.5	
11	大東泉源		120~200	38	
12	5号井	79.1	200	38.5	
13	新山荘井	191.5	300	64	



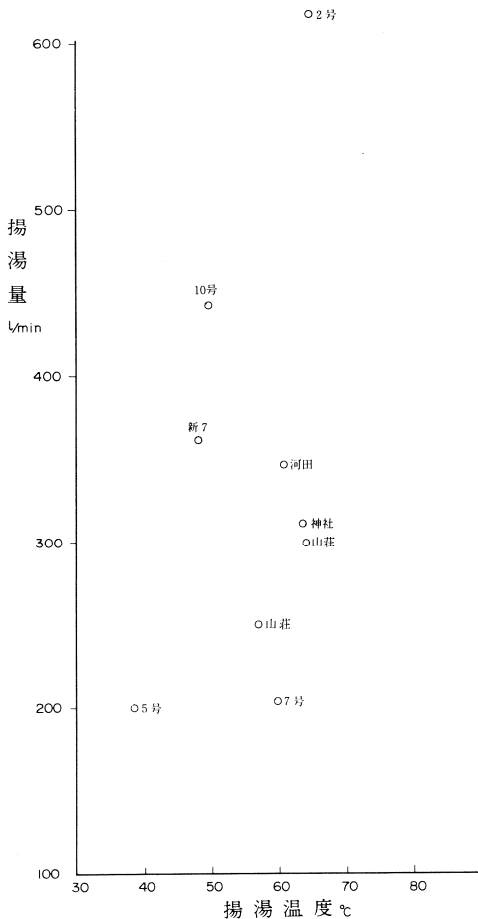
第5図 湖畔地区の泉源位置図

Fig. 5 Bore wells in AKAN KOHAN.

の値が 0.71 から 0.14 となっている。このことについて、河田 (1979) はなお泉源開発の余地があることを指摘しているが、今回も同程度であることから、安定した温泉資源の利用を行っていると考えてよい。

	$Q_1$ (cal/min)	$Q_2$ (cal/min)	$Q$ (cal/min)	$Q_2/Q$
1956	$1.4 \times 10^7$	$3.4 \times 10^7$	$4.8 \times 10^7$	0.71
1979	$21 \times 10^7$	$3.4 \times 10^7$	$24.4 \times 10^7$	0.14
1981	$17 \times 10^7$	$3.4 \times 10^7$	$20.4 \times 10^7$	0.17

静水位の変動をみるために新山荘泉源に水位計を設置し、5 日間観測を実施したが、水位は -2.92 m で全く変化は無かった。また、この間 64.7 m 離れた 2 号井を約 1 時間揚湯停止した (2 号井の水位上

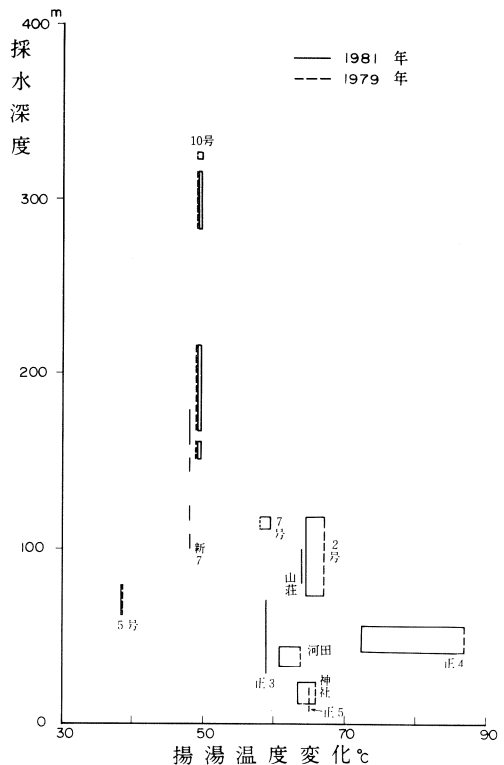


第 6 図 泉源の温度と揚湯量

Fig. 6 Relation of temperature and yield hot water.

昇は約 2.6 m) が水位変化は最大 1.7 cm 上昇した程度であった。また、新 7 号井と 7 号井は、わずか 3 m しか離れていないが、この両井間において揚湯停止、揚湯を繰り返す、両井の揚湯量、自噴量などを観測した。この結果を第 8 図に示した。この図で新 7 号を揚湯して 7 号井の自噴量が安定した時の記録から揚湯特性の結果を利用すれば新 7 号井の水位降下 2.6 m に対して 7 号井は 0.107 m の水位降下をしたことになる。このような観測例から判断すると、泉源井相互の影響は、井戸のごく近傍では影響するが、100 m 以上離れると、わずかな水頭変化しか与えないと考えられる。したがって、地下での温泉水の供給も極めて良いものと判断される。

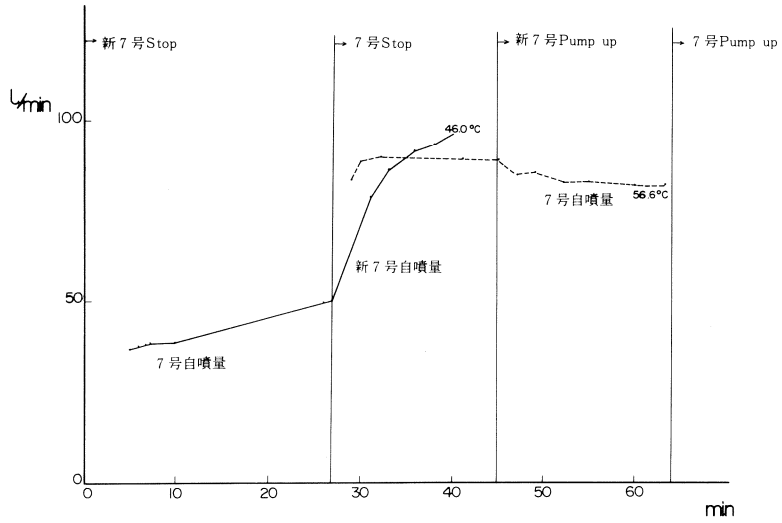
正次 3 号井において揚湯試験が実施されている (上山試錐工業 KK による) ので、この資料をもとにヤコブの方法によって、透水量係数と貯留係数を求めると、それぞれは  $26.2 \sim 31.3 \text{ cm}^2/\text{sec}$  と  $1.11 \sim 6.09 \times 10^{-2}$  となる。透水量係数を他温泉地と比較すると、かなり透水性の良い帯水層と評価できる。また、貯留係数は通常の被圧帯水層の場合、単位体積からの水の排出の基準となるもので、水の圧



第 7 図 揚湯温度の変化

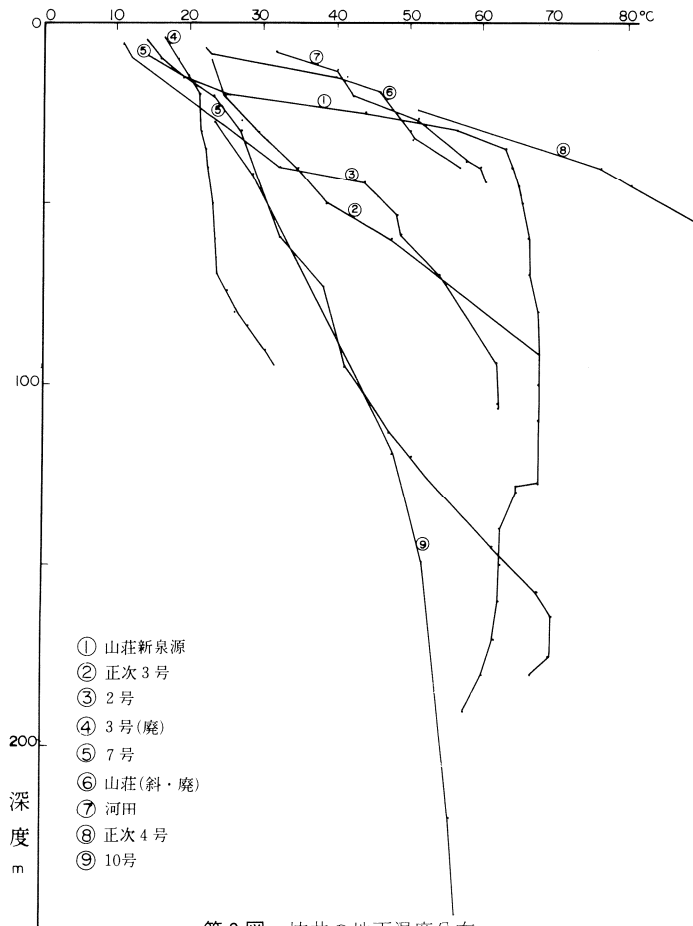
Fig. 7 Fluctuation of hot spring temperature.





第8図 7号泉源の干渉

Fig. 8 Interferences of wells near by No. 7.



第9図 坑井の地下温度分布

Fig. 9 Temperature in bore wells.

第 2 表 主要温泉地における透水量係数  
Table 2 Coefficient of transmissibility of hot sp. in Hokkaido

温 泉 地	透 水 量 係 数 (cm <sup>2</sup> /sec)
十 勝 川 温 泉	10.1
川 湯 温 泉	47.7 ~49.6
弟 子 屈 温 泉	15.8 ~40.9
虎 杖 浜 温 泉	1 ~11
天 童 温 泉 (山 形)	9 ~55.4
糠 平 温 泉	0.47~ 2.14
阿 寒 湖 畔 温 泉	26.2 ~31.3

縮度を意味し、阿寒湖畔温泉ではかなり大きな値であって自由面地下水の値に近い。

阿寒湖畔温泉における地下温度分布状況については、第 9 図に、各抗井の地下温度分布をしめした。測定された温度から坑底温度あるいは送泥水停止時間の長いものを選び、できるだけ地下温度に近いものを選定した。これによると、

- 1) ①⑥⑦⑧のような浅部で地温上昇の良いもの
- 2) ②③⑤などのように 100 m 深程度まで地温上昇のよいもの

3) 地温上昇は、あまり良くないが深部まで徐々に上昇を続けるもの

と 3 つのタイプに分けられる。このような 3 つのタイプがあることは、温泉水が常に地下深部から地表近くまで運ばれて、一部は天然湧出しているがこれらの通路の遠近によって分けられるものと考えられる。また、深部で温度低下現象のある①、⑤については、温泉水が横方向から供給されていることをしめすものと考えられる。

### III 泉 質

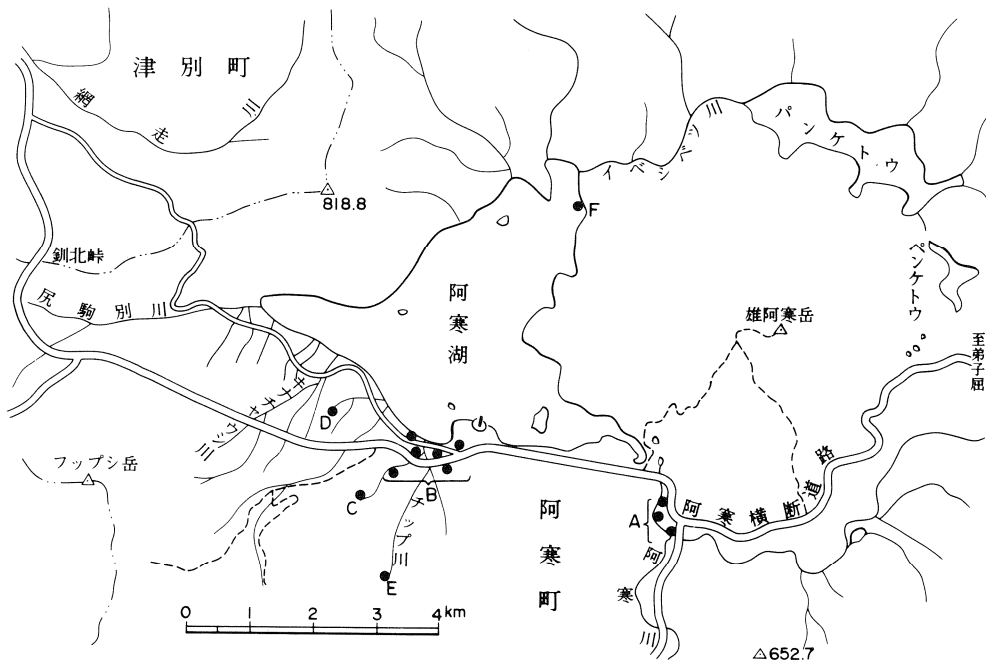
阿寒湖周辺に分布する温泉の泉質調査をおこない、この地域に胚胎する温泉の化学的特性、生成機構および多目的利用を図った場合の泉質上の問題点などについて検討した。

#### 1. 温泉の湧出状況と調査測点

阿寒湖周辺の温泉は、地域的にはつぎの 6 地域に分けることができる。各地域の温泉の湧出状況と分析の対象とした泉源について、その概要を述べる。

温泉分布図を第 10 図に、また分析値一覧表を別表にそれぞれ示す。

(A) 雄阿寒温泉：大部分の泉源は、阿寒川の兩岸約 1,200 m にわたって自然湧出するものである。調査の対象とした泉源は、泉温を考慮してボーリン



第 10 図 阿寒湖周辺の温泉分布図  
Fig. 10 Distribution of hot springs, around lake AKAN.

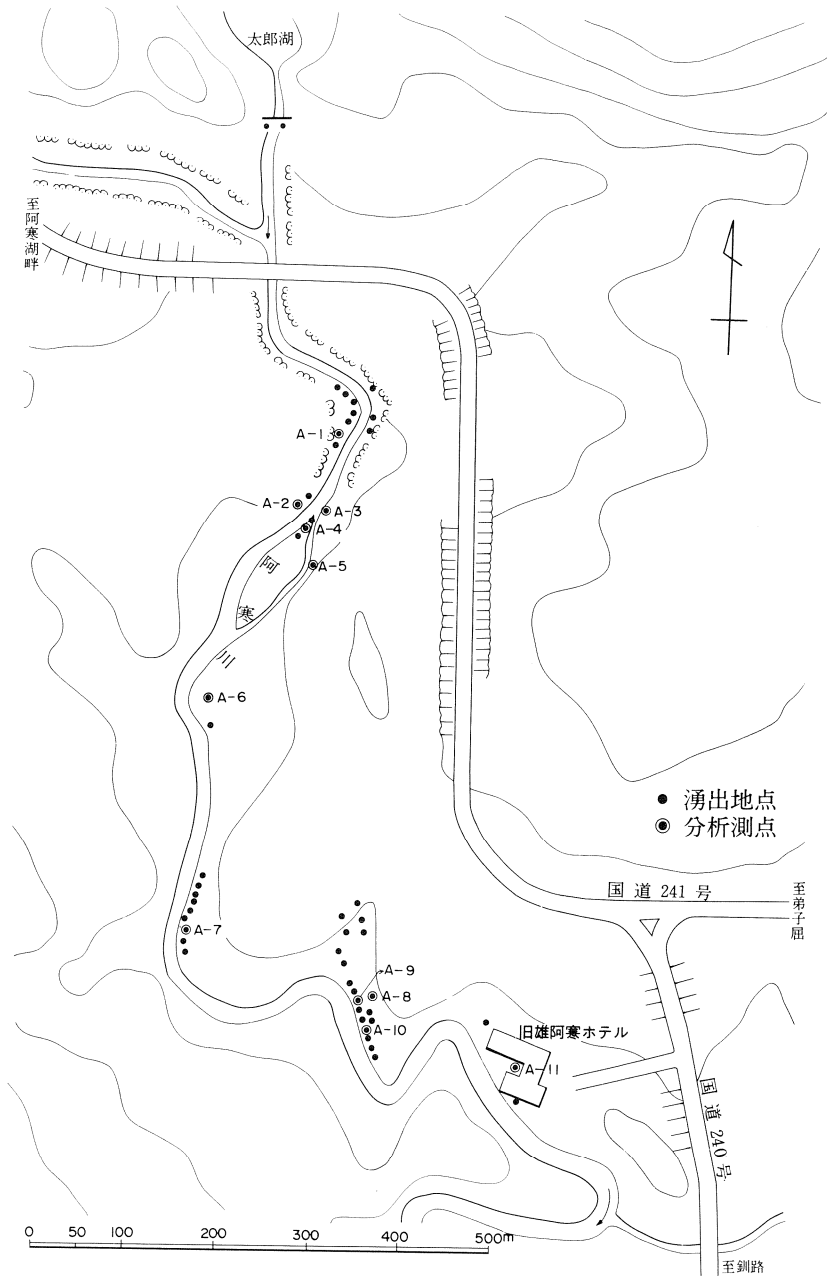
グ井1, 枠井戸型式1, 自然湧出9の計11泉源(第11図).

(B) 阿寒湖畔温泉: 主として阿寒湖畔とコタン地区(正次泉源)とに分けられ, 大部分はボーリングによる泉源である. 調査の対象とした泉源は, ボーリング井10, 枠井戸型式1, 自然湧出1の計12泉

源(第12図).

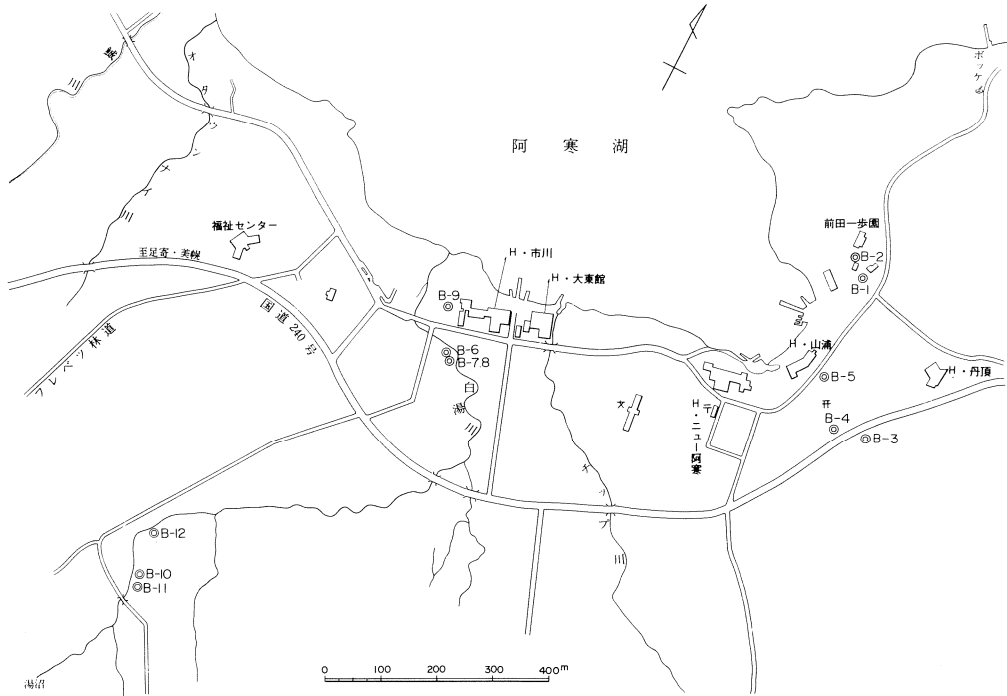
(C) 手塚温泉: 正次泉源(B-10~12)の南西約650m, 白湯川の上流部に約100m間にわたって自然湧出するもので, 調査の対象とした泉源は, 自然湧出の5泉源.

(D) セリ川上流湯沼: セリ川上流部に位置し, 河



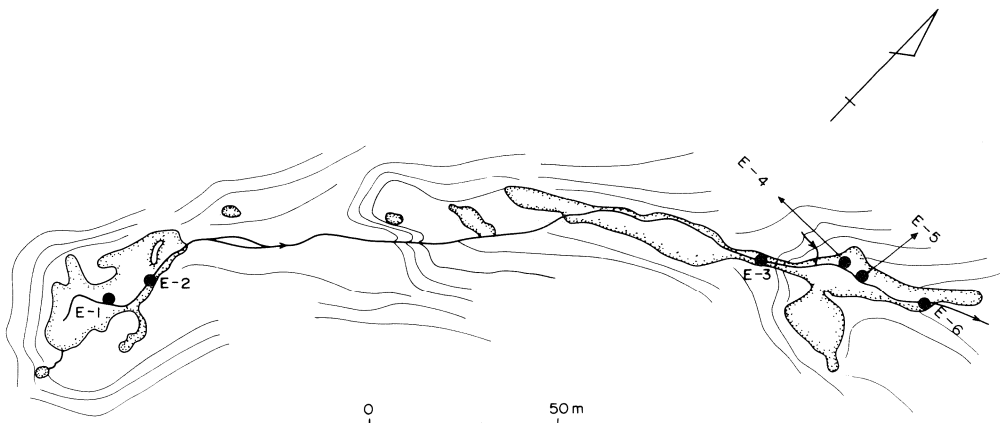
第11図 雄阿寒温泉の泉源分布図

Fig. 11 Hot springs in OAKAN-zone.



第 12 図 阿寒湖畔温泉の泉源分布図

Fig. 12 Distribution of hot springs on AKAN KOHAN resort zone.



第 13 図 白土温泉の泉源分布図

Fig. 13 Distribution of hot springs on HAKUDO-SPA.

口から西南西約 700 m, 標高 435 m 付近に長径約 25 m, 短径約 20 m の楕円形の沼のなかにかかなりの数の自然湧出泉が分布する。調査の対象としたものは、そのなかの自然湧出 3 泉源。

(E) 白土温泉：チップ川の最上流部に約 250 m にわたって硫・噴気口が分布する。表流水または停滞水がガスおよび蒸気の供給をうけて酸性泉を生成

している。分析の対象とした泉源は、そのうちの 5 泉源を選んだ (第 13 図)。

(F) セセキモイ温泉：阿寒湖畔温泉の対岸、イベシベツ川河口から湖岸を南へ約 500 m 地点に、汀線約 20~30 m にわたって自然湧出するもので、湧出点は水面下で湯水期でなければ確認することができない。

このため、今回は湧出点付近の湖水を採取した。  
 なお、参考値として温泉湧出には関係のない湖心部の湖水を採取して比較をおこなった。

2. 各温泉の化学的特徴

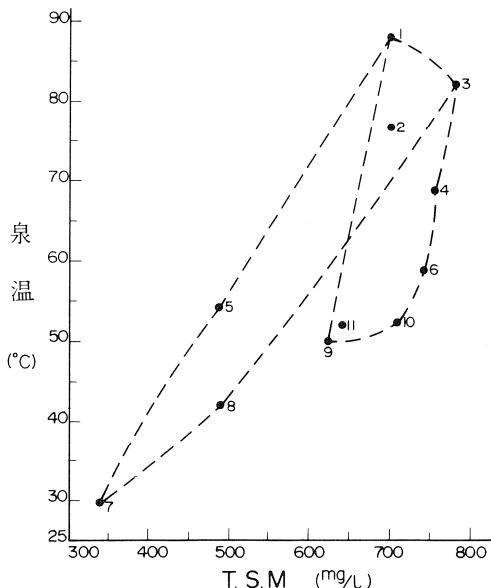
雄阿寒温泉

分析の対象とした泉源は、泉温が29.8℃から88.2℃と広範囲にわたっているが、全固形物量は333~772 mg/l(大部分は500~770 mg/l)で、それほど大きな濃度差はない。主要イオンの組成比は、おおよそつぎの範囲内に入っている。

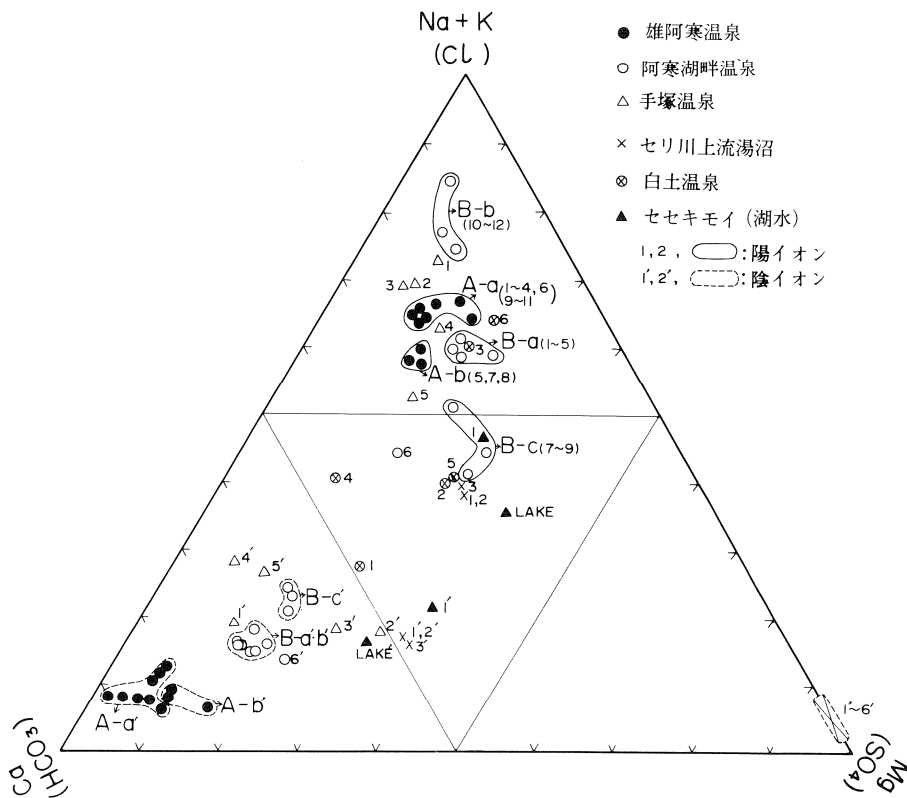
Na+K : 58~67%	HCO <sub>3</sub> : 82~91%
Ca : 17~28%	Cl : 6~12%
Mg : 12~18%	SO <sub>4</sub> : 1~9%

これらの泉源は、泉温-全固形物量の関係(第14図)から、つぎの2つのグループに分けることができ、主要イオンの三角座標上(第15図)でも、それぞれ微妙な違いをみせている。

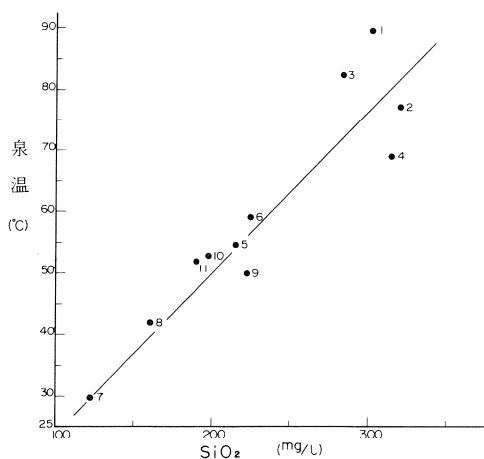
- ① 泉温-全固形物量とがほぼ正相関をなすグループ…A-5, 7, 8
- ② 泉温の変化(50℃~88℃)に対し、全固形物



第14図 泉温-全固形物量の関係 (雄阿寒温泉)  
 Fig. 14 Temp. -T. S. M (OAKANAN)



第15図 主要イオンの三成分系図  
 Fig. 15 Triangular diagram of main ions.



第 16 図 泉温—SiO<sub>2</sub>関係図 (雄阿寒温泉)  
Fig. 16 Temp. -SiO<sub>2</sub> (OAKAN)

量が 620~770 mg/l と、それほど大きな変化を示さないグループ…A-1~4, 6, 9~11

①のグループに属する泉源は、②のグループのものにくらべて、座標上では陽イオン中の Na+K の比率が減少し、その分だけ Ca および Mg の比率が増加するところに位置(第 15 図, A-b)する。また、陰イオンについては、陽イオンほど明確に分かれていないが、SO<sub>4</sub>の比率がわずかに増加し、逆に HCO<sub>3</sub>の比率が減少する傾向がみられる(第 15 図, A-b)。

以上のように、泉温—全固形物量の関係、および主要イオンの組成比が 2 つのグループに分かれたこ

とについてはつぎのように考えられる。これら各泉源とも、地下深部においてはA-1~3に近い温度とイオン組成比をもっていたものと考えられるが、①のグループに属する泉源は、温泉水が上昇する過程で、Na および HCO<sub>3</sub>の含有率が低く、かつ低温・低濃度の地下水によって稀釈を受けたものであろう。また、②のグループのなかの低温泉源は、温泉水の上昇経路が異なるか、あるいは流動速度が緩慢なことなどによって、冷却作用を受けて泉温だけが低下したものとみられる。

以上が雄阿寒温泉に分布する温泉について、泉温と泉質との相互関係をみたものである。このほかに、高温泉源と低温泉源との間で変化をしめす成分をあげるとつぎようになる。

- i) pH: 60℃以上の泉源 6.4~6.7  
60℃以下の泉源 6.1~6.3
- ii) Total Fe: 低温のものほど高濃度をしめす傾向がある。
- iii) SiO<sub>2</sub>: 泉温とほぼ正相関をしめし、高温のものは 300 mg/l を超える(第 16 図)。

阿寒湖畔温泉

阿寒湖畔に分布する温泉は、地域的にはつぎの 3 か所に分けることができる。

- ① 神社山を中心とした地域…B-1~5
- ② 白湯川下流域…B-6~9
- ③ 白湯川中流域(正次泉源付近)…B-10~12

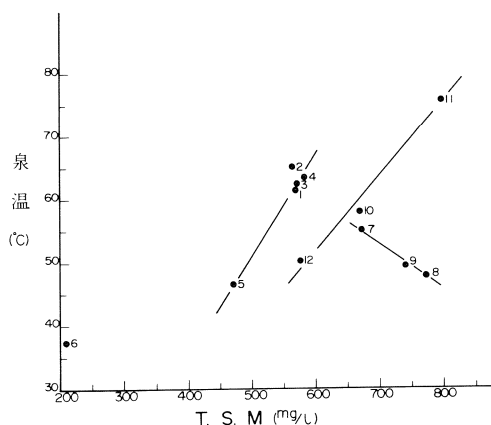
これら 3 地域に分布する温泉は、それぞれ泉温、イオン組成および成分含有量に微妙な相違がみられる。これらをまとめて表にすると第 3 表のようにな

第 3 表 泉源位置と地質および泉質との関係 (阿寒湖畔温泉)

Table 3 Relationship of well location, geology and chemical composition

座標上における集団		該当する 泉 源 No.	陽イオン中 Na+K比率	陰イオン中 HCO <sub>3</sub> 比率	泉 源 の 所在 位置	地 質 構 造 上 の 位置	泉温に対する T. S. M 量
陽イオン	陰イオン						
B-a	B-a', b'	B 1~5	中	高	湖畔東側	隆 起 部	正相関, 低含有
B-b		B10~12	高		南 西 側	隆 起 部	正相関, 中含量
B 6	B 6'	B 6	低	高	湖畔西側	沈 降 部	=
B-c	B-c'	B 7~9	低	低	同 上	沈 降 部	負相関, 高含有

泉 質 の 特 徴				
pH	T. S. M (mg/l)	T. Fe (mg/l)	F (mg/l)	SiO <sub>2</sub> (mg/l)
6.7~7.3	470~583(低)	0.12~0.39(中)	0.35±(低)	171~209(高)
6.8	572~796(高)	0.08~0.20(中)	0.6~0.8(高)	187~215(高)
7.5	210(極低)	0.01(低)	0.33(低)	98(低)
6.3~6.7	670~772(高)	0.96~2.13(高)	0.6~0.9(高)	164~186(中)



第17図 泉温—全固形物量の関係図

(阿寒湖畔温泉)

Fig. 17 Temp.—T. S. M. (AKAN KOHAN)

る。

まず、主要イオンの三角座標上で占める位置は、陰イオンは、それほど大きな変化をみせていないが、陽イオンでは泉源位置によってかなり大きく変化している。すなわち、陽イオン中のNa+K比率をみると、白湯川中流域では75～85%、神社山周辺では60%前後、さらに白湯川下流域では40～50%と段階的に低くなっている。そして、それらは地質構造とも関係があり、三角座標上で陽イオン集団が上位を占める2グループ(B-1～5、B-10～12)は隆起部に、また下位集団(B-6～9)は沈降部とみられるところに位置している。つぎに、泉温—全固形物量の関係を第17図に示しているが、隆起部にある泉源は正相関、沈降部のものは負相関をしめしており、かつ全般的な成分含有量は前者が低含有、後者が高含有量となっている。このように隆起部と沈降部に分布する泉源の間で、成分含有量が異なるのは、地質の項でも述べたように、両者の流動経路と地質構成物の相違によるもので、前者は凝灰岩、凝灰角礫岩など比較的透水性に恵まれた地層であるのに対し、後者は泥岩、頁岩など泥質部が卓越していることによるものと考えられる。

#### 手塚温泉

この地域に分布する温泉の泉質の特徴は、一部に硫化水素を多量に含む泉源が分布することである。まず、三角座標上で占める位置は、あまりよくまとまっていはいないが、ほぼ阿寒湖畔に分布する泉源に近い。したがって、温泉の成因や流動する地質環境は、阿寒湖畔に分布する温泉とそれほど大きな差はないものと考えられる。ただ、高温の泉源にわりあ

い多量の硫化水素が含まれるのは、付近に現在末期的な活動とみられる硫・噴気孔をもつ湯沼があり、温泉が上昇する過程で硫化水素の添加を受けたものと考えられる。しかし、C-1, 2以外にそれほど多量の硫化水素が認められないのは、これら低温泉源には、低温の地下水が混合することによって硫化水素は酸化消失されたものとみられる。

#### セリ川上流湯沼

この付近に湧出する温泉は、泉温が26.5℃前後と低温であるのにもかかわらず、全固形物量は950～970 mg/lと阿寒湖周辺一帯ではもっとも高い値をしめしている。そして、個々の成分の含有量も高く、とくに鉄分を多く含んでいるのが特徴的である。また、主要イオンが三角座標上で占める位置は、陰イオン中SO<sub>4</sub>がやや高い以外、阿寒湖畔の白湯川下流域の泉源(B-7～9)とほぼ同じである。したがって、この地域の温泉も手塚温泉同様、その生成機構や流動経路などは阿寒湖畔の泉源と大差ないものとみられる。

#### 白土温泉

今回調査をおこなった温泉のなかで、酸性泉を産する唯一の地域である。これらの泉源はチップ川の上流域に位置し、現在噴気活動がみられるのは、最上流部と、それから約250 m下流の2地点に集中している。この温泉の成因的な特徴は、地下からの熱水の供給はほとんどなく、表流水が噴気・硫気によって加熱され、かつ成分の供給を受けているものでpHは2.5～3.0で強酸性を呈している。全固形物量は400～850 mg/lでそれほど高いものではなく、溶存成分の大部分はSO<sub>4</sub>とSiO<sub>2</sub>である。このほかに酸性泉特有のFe、Alなどを比較的多く含んでいる。三角座標上では、陰イオンはSO<sub>4</sub>側の頂点付近(93～98%)に集団を形成するが、陽イオンはかなり分散する。なお、最終徴候地点における沢水の温度は45℃で、流量は450 l/minであり、これより約300 mほど流下して伏没する。

#### セセキモイ

調査時には湧出口が確認できなかったが、湖岸の雄阿寒岳安山岩を覆う火砕流の間隙らしい。今回採取した試料は、湖岸でもっとも高温を示すところからのものである。なお、同時刻ごろ温泉とは関係がない湖心部付近の湖水を採取し、両者を比較した。セセキモイ付近の湖水は、湖心部のものにくらべて、水温が5℃高く、かつ全固形物量が592 mg/lと約4倍程度の高濃度をしめしている。個々の成分ではNa、K、ClおよびSO<sub>4</sub>が、湖心部の湖水にく

らべて約 4.6~4.8 倍で、地下から湧出する温泉の主成分をなしているものとみられる。このほか、Ca, Mg,  $\text{HCO}_3$  および  $\text{SiO}_2$  などは湖心部の湖水の 3 倍前後の濃度増加がみられる。さらに pH は、温泉に関係のない湖水は 8.9 とかなり強いアルカリ性を呈しているのに対し、セセキモイ付近の湖水は 6.4 で微酸性であり、これからすると地下から湧出する温泉はかなり酸性であることが考えられる。

以上、阿寒湖周辺に分布する温泉の化学的特性について述べてきた。これらの温泉のもっとも特徴的なことは、いずれの温泉も全固形物量が 1,000 mg/l 以下の単純泉であること、さらに主要イオンの組成比は、白土温泉を除いて、Na および  $\text{HCO}_3$  の比率が卓越した。いわゆる深層地下水型の温泉に近い性格をそなえているものである。このような性格から判断して、この地域の温泉の成因は、主として地下に浸透流下した天水が、わりあい高い熱の供給を受けて生成したもので、地下深部からの熱水の供給はほとんど関与していないものと考えられる。

### 3. 泉質からみた利用上の問題点について

この地域の温泉を浴用以外に熱エネルギーとして多目的利用を図る場合、金属に対する腐蝕性とか、温泉沈澱物の生成など、主として泉質から生ずる障害について検討する。

まず、腐蝕については、白土温泉の酸性泉および手塚温泉の硫化水素を高濃度に含む泉源は、金属に対して腐蝕性が強く、これらの温泉は何らかの処理を施さずに利用することは不可能である。このほかの泉源については、それほど腐蝕を促進させるような泉質的な要因は見あたらない。

つぎに、温泉沈澱物によるスケールの発生であるが、このスケールが引湯管、ポンプ、熱交換器などに付着して、効率を低下させる場合がある。温泉沈澱物としては、一般に炭酸カルシウム、酸化鉄、珪酸などであるが、このうちこの地域の温泉の泉質からみて、炭酸カルシウムと珪酸については発生する可能性は少ない。ただ、酸化鉄の沈澱物は雄阿寒、手塚両温泉の低温泉源、阿寒湖畔の白湯川下流部泉源およびセリ川上流などでは発生が予想されるので、利用する場合には充分注意しなければならない。

以上のように、現状ではごく一部の泉源を除いては、温泉熱を利用するにはきわめて好条件下にある泉質と云える。しかし、この地域の泉質の特徴でもあるが、全固形物量が低いわりには  $\text{SiO}_2$  の濃度が高いことである。この傾向は今後深部を開発して高

温泉を得たとすれば、さらに高濃度の  $\text{SiO}_2$  を含む温泉の出現が予想される。このように、高濃度の  $\text{SiO}_2$  を含む温泉からは、もっとも大きな障害となる珪酸質のスケールが発生するため、深部開発にあたっては事前にこれらを考慮に入れて対策をたてておく必要がある。

## IV 多目的利用

### 1. 温泉利用の現状

温泉熱の利用現状を調べるため、湖畔温泉地の建物種類別の温泉供給状況の調査を行った。その結果は概略第 4 表のとおりである。泉源によって多少の変動はあるが、分湯 1 本当り約 10 l/min とみなせ

第 4 表 建物種類別温泉供給状況

Table 4 Hot water supply of buildings in AKAN-KOHAN

種 別	建 物 数	内温泉付	温 泉 分 数
ホテル・旅館	21	21	243.5
民 宿	23	11	15
商店・事務所	192	11	17
公共的建物	23	10	13
一 般 住 宅	120	22	22.5
公 営 住 宅	254	0	0
寮	14	5	11

る。

一部についてアンケートおよび聞き取り調査を実施〔ホテル・旅館 16、寮 2 の計 18〕した結果、利用実態の状況はつぎのとおりであった。なお、調査した宿泊施設には湖畔地域の代表的なホテル・旅館は

受入れ温度 (°C)	割 合 (%)	浴場使用温度 (°C)	割 合 (%)
67~65	22.2	55	11.1
64~60	38.9	53~50	16.7
59~50	16.7	45~43	61.1
50以下	22.2	42	5.6
		不 明	5.5

ほぼ含まれている。

浴用利用の場合で、熱交換器により冷却しているもの 11.1%、水を加えて冷却しているもの 38.9%、直接浴用使用 38.9%、加熱利用 5.6% である。浴用に使用している温度は 43~45°C が多いが、それ以



上の温度の場合は直接浴槽に入れ、水で希釈しているものと思われる。これは水道水による混合温度低下であるが、冬期間などでは直接使用しているところも多い。熱交換器を使用しているところは、浴用を使用する前に給湯用の水道を間接加熱することによって湯温を低下させている。

各旅館の大浴場などでは、毎日10時頃から浴槽の掃除を行ない温泉水の入れかえのために長時間を要する。このため貯湯タンクを設置している施設が7か所あり、その容量は6 m<sup>3</sup>から100 m<sup>3</sup>までとなっている。

温泉を浴用以外の暖房・給湯に使用しているところが14施設あるが、その利用規模は極めて小さい。暖房に利用している所は7施設で、これらは温泉水を直接使用している。その利用方法は床暖房が多く、浴用後の排湯を利用しているところもある。その他ではラジエーターに使用している所が3施設ある。その使用場所は事務室が最も多く、脱衣所・手洗所・従業員室などで、いずれも暖房利用はごく一部にとどまっている。設置は比較的新しく、今までのところスケール・トラブルなどは起っていない。給湯利用施設は10か所で、温泉水を直接または加温して使用している。利用場所は浴室の上り場や洗面所、手洗所などである。また、水道水を温泉で熱交換器によって加温して利用している所が2施設ある。

以上のように、小規模ではあるが、温泉熱の浴用以外への利用が行なわれており、今後さらに暖房・給湯に利用することを検討または希望している所が10か所あり、温泉熱の高度利用についての関心は、かなり高い。しかし、現在の利用方法が熱交換器による給湯以外は、温泉水の直接利用であり、とくに床暖房など恒久施設への利用はスケール付着などの問題を生じる可能性があり、今後の検討が必要であろう。

温泉熱以外の暖房・給湯用のエネルギー使用状況についての調査結果を第5表に示す。

大規模なホテルなどでは、電気・重油を暖房用として使用しており、電気暖房機やボイラーによる蒸気または温水による暖房である。小規模な所では、灯油ボイラーによる暖房や灯油ストーブが使用されている。エネルギーコストの高い電気を暖房に使用している所がかなり多く、これらの施設では燃料費の負担が大きいため、温泉熱利用を希望している。給湯用には、電気・重油・ガスなどによるボイラーや湯沸器が使用されており、複数(2~3種)のエネ

第5表 温泉熱以外の暖房・給湯エネルギー利用状況  
Table 5 Energy use for heating and hot water supply except hot sp. water (暖房)

エネルギー源	電気	重油	灯油	ガス
施設数 (うち only)	7 (2)	8 (5)	8 (5)	1 (0)

暖房方法	蒸気暖房	温水暖房	電気暖房	灯油温風	灯油ストーブ
施設数 (うち only)	5 (2)	6 (4)	7 (2)	2 (2)	6 (4)

(給湯)

エネルギー源	電気	重油	灯油	ガス
施設数 (うち only)	6 (3)	7 (2)	3 (2)	6 (3)

給湯設備	ボイラ	電気湯沸器	灯油湯沸器	ガス湯沸器
施設数 (うち only)	8 (3)	6 (3)	1 (1)	6 (3)

ルギー源使用が多い。

## 2. 熱利用

阿寒湖畔温泉は国立公園内にあり、豊富な温泉源に恵まれ、本道の観光産業の上でも重要な地位を占めている。湖畔地域に湧出する温泉熱の高次利用を進めることが望ましい。その一つとして、観光旅館・ホテルなどの宿泊施設の暖房の給湯利用があげられる。宿泊施設は、その性質上、建物の広い面積を常時暖房する必要がある。このため、最低気温(一)30℃をこえる冬期間の暖房に必要なエネルギーは極めて大きい。したがって、宿泊施設を含めた湖畔地域の暖房・給湯に要する熱量を温泉熱で得られるなら、その経済的効果も大きく、地域エネルギーの効率的利用の上からもその効果は極めて大きい。さらに、副次的な利用として、地域住民の福祉・保健や地域産業への活用も考えられる(例えば、共同大浴場・温水プール・屋内体育館・リハビリテーション施設など)。また、泉温の点からは、工業的な利用は難しいが、野菜栽培など施設園芸や養魚施設への利用なども考えられる。

これら、多目的利用を図る上では、湖畔地域の特性を十分考慮し、将来展望に立った地域発展に寄与する熱利用を検討すべきであろう。こうした熱利用システムの決定に当たっては、供給と利用のバランスを第一に考え、経済的な投資効果が大きく、かつエネルギー利用効率の高いプランニングが必要であ

る。

阿寒湖畔地域の温泉源のうち、現在湧出しているのは第 1 表に示したように 13 泉源で、その総湧出量は 218 ton/hr で平均 55.7℃であり、温泉水の総熱量は 12.14 Gcal\*/hr (0℃基準)である。このうち現在浴用を中心に利用されているものは、11 泉源・利用総量 188 ton/hr で、総熱量は 10.52 Gcal/hr と算定される。

188 ton/hr の温泉水の大半は浴用に利用されており、浴用利用を 50℃から 40℃までとすると、利用熱量は 1.88 Gcal/hr となり、1 日当り 45.12 Gcal となる。湖畔での宿泊総定員を 5,000 人とすると、9,024 Kcal/1 人となる。道内の一般公衆浴場での浴用必要熱量は、1 日 200 人の利用でシャワー、上り湯を含めても 0.67 Gcal/day であり、利用者 1 人当りでは、3,350 Kcal と推定されている。したがって湖畔地域では非常に多くの熱量を温泉から得ている。

湖畔で産出する 218 ton/hr の温泉水が 15℃まで利用可能と仮定すると、利用対象熱量は 8.87 Gcal/hr となる。したがって、現在利用している 1.88 Gcal/hr の熱量は、利用対象熱量の 21.2%に過ぎない。未利用熱量の殆んどは、浴用利用前後に放出されていることになる。現在浴用に利用している熱量を除いた未利用熱量は、 $8.87 - 1.88 = 6.99$  Gcal/hr となる。この 6.99 Gcal/hr の熱量は、暖房負荷を 100 kcal/hr・m<sup>2</sup> と仮定すると、69,900 m<sup>2</sup> の面積を暖房することができる熱量である。

勿論・温泉の輸送に伴う損失や利用効率などを考慮する必要があり、低温度の温泉熱を利用必要温度まで昇温させるための手段や負荷変動に対する対応策なども必要であるが、集中配管やヒートポンプの活用、貯湯槽の設置などによって、熱利用は現状でも充分可能であると判断される。

また、浴用利用が、現状で充分であることを考慮すれば、今後開発が期待される深部熱源については、熱利用を目的として位置づけ、利用範囲や目的の拡大と利用コストの低減化を目的として行うべきであろう。しかし、深部開発については、可能性は高いとしても、量・質などの点で不確定な要素を含み、リスクを伴うので、将来計画として位置づけ、熱利用の実施設計とは別途に考えて、調査をかねたボーリングを考慮する必要がある。

### 3. 熱利用システム

効率的で多目的な温泉熱利用を図るためには、目的に適合した量・質・温度のバランスが必要である。浴用には温泉水をそのまま利用できるが、暖房・給湯など場合にはスケール付着や腐蝕防止のために水道水を加熱した温水を使用する必要がある。また、熱供給に当たっては、配管の経費や熱損失を少なくさせるため集中配管による合理的系統配管が必要である。

温泉の熱を供給する方法として、温泉水の供給と熱交換による加温水の供給とがあるが、その方法として次の 3 通りの方法があげられる。

- イ) 温泉水のみを供給ネットワークにより利用者  
に供給し、利用者側で必要に応じて別個に暖房・給湯に利用する。——個別給湯方式
- ロ) 複数のターミナルステーションをもうけて各  
ステーションにより利用者に温泉水と加温水を  
給湯する。——分散ステーション方式
- ハ) 温泉水を 1 カ所のステーションに集めて、こ  
れより各利用者に温泉水と加温水を給水する。  
——集中ステーション方式

また、加温水を得るための加温方法としては次の 2 つの方法が考えられる、

- a) 温泉水または排湯を水道水と熱交換させて加  
温水を得るが、多くの場合温度が低いためボイ  
ラーなどで加温して利用する。——熱交換(+)ボ  
イラー利用。
- b) 温泉水または排湯からヒートポンプで採熱・  
加温して温水を得る。余分の熱を採熱利用でき  
るため、エネルギー効率が高い。——ヒートポ  
ンプ(吸収式・圧縮式)利用。

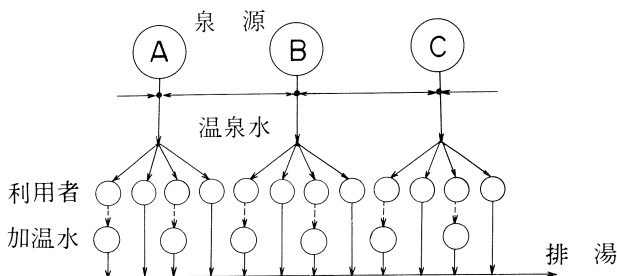
上述のイ) ロ) ハ) および a) b) についての模式図を第 18 図に示した。

個別給湯方式は利用者の利用目的に合わせて熱利用ができる利点があるが、熱回収や加温設備に費用がかかり、効率的な熱利用がされにくい。供給ステーションによる系統的な供給が望ましい。分散ステーション方式と集中ステーション方式とは、それぞれ長所・短所があるが、湖畔地域では、泉源状況、利用現況、利用目的の地区的な特性などの点から分散ステーション方式が適していると考えられる。

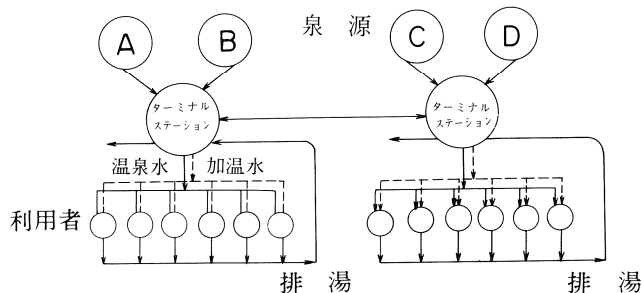
温水の造成方式の a) では、得られる温水の温度は泉温より 5~10℃低くなるため、約 40℃程度となる。これを給湯に利用する場合にはボイラーで加

\* 1 Gcal=10<sup>9</sup>cal

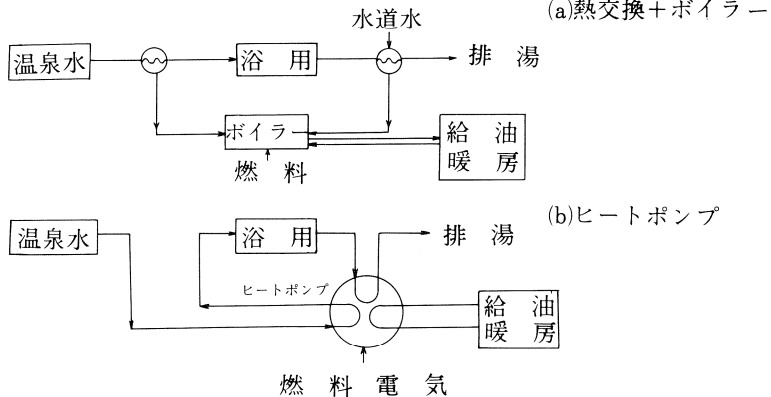
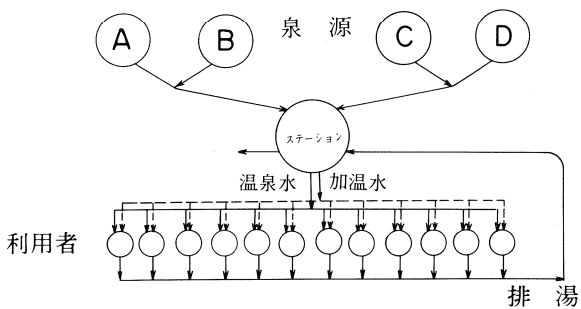
(イ) 個別給湯方式



(ロ) 分散ステーション方式



(ハ) 集中ステーション方式



第18図 給湯方式と熱交換方式の模式図

Fig. 18 Hot water supply methods and heat transfer methods.

温利用することとなる。b) のヒートポンプ方式は、熱交換器と異なって、かなりの低温まで採熱ができるため、熱回収には適しており利用効率も高まる。

以上の方式を検討すると、阿寒湖畔地域の温泉熱の高度利用のシステムとしては、各泉源の温泉水をプールした上で分散ステーションに供給し、浴用利用後の排湯も含めてヒートポンプにより熱回収をはかり、温水を造成し、温泉水と暖房・給湯用の温水とを系統的に供給する方式が最適であると考えられる。

ヒートポンプは、そのままでは通常使用できない低温の排熱を吸収し、これに装置の駆動用エネルギーを加えて昇温し、加温水として利用できるため、極めて省エネルギー効果の高い加温装置である。ヒートポンプにはいくつかの方式があるが、現在実用化されているものは、吸収式ヒートポンプと、電動機駆動、ディーゼルエンジン駆動、ガスエンジン駆動などの圧縮式ヒートポンプがある。使用の目的や条件によって、最も適したヒートポンプ方式を選択することによって、最大の熱利用効果を上げることができる。ヒートポンプの最大の特徴は、前述のように低温排熱を有効に利用できる点にあり、排湯の熱利用に最も優れた方式である。しかし、排湯の温度と、必要とする温水の温度条件によって、そのエネルギー効率が異なる。このため、使用条件を考慮に入れて、総合的な熱利用効率の高いシステムと操作条件を選択することが、ヒートポンプシステムの設計の重要な点となる。

阿寒湖畔地区の温泉熱の高度利用の検討を進めるに当たって、次の点を考慮して、熱利用基本システムを定めた。

(1) 温泉水の有効な熱利用を図る上から、浴用その他の排湯と温泉の一部から熱回収して得られる温水で湖畔地区に必要な暖房と給湯をおこない、一部は温水プール、農水産用の熱供給を行う。このための熱回収と加温は加温付ヒートポンプ方式とする。

(2) 暖房および給湯の必要熱負荷の算定結果を第6表にしめす。算定にあたっては阿寒町の資料および温泉熱利用現状調査より算定した。暖房および給湯用ヒートポンプの熱出力は、この負荷量に見合う値に設定した。

(3) 暖房は冬期間のみに使用となり、且つ必要熱量は極めて大きい。このため、暖房用加温水製造には、排湯を最大限に利用でき、しかも、熱効率が最も高く、燃料費が少ないディーゼルエンジン駆動圧縮式ヒートポンプ(三上ほか、1980)を使用する。

(4) 給湯は一年中を通して必要である。このための加温装置として、装置の保守管理が簡単で、エネルギーの安定供給が期待できる電動機駆動圧縮式ヒートポンプを使用し、温水プールその他に供給する温泉熱の一部を吸熱して利用する。

(5) 暖房および給湯用の温水の供給温度は、高い程利用し易いが、ヒートポンプの熱効率を高め、燃費を節減する上から70℃供給と低く仮定した。即ち、ディーゼルエンジン駆動のヒートポンプで排湯熱を15℃まで回収する場合、1段では最大80℃ま

第6表 湖畔地区暖房・給湯推定熱負荷量

Table 6 Estimation of energy needs in AKAN KOHAN

建物種別	暖房負荷 (Gcal/h)	給湯負荷 (Gcal/h)	備 考
宿 泊 施 設	4.55	0.34	宿泊施設延面積65,000m <sup>2</sup> , バス付客室630室
公 共 施 設	1.16	0.61	延床面積11,500m <sup>2</sup>
公 営 住 宅	1.61	0.06	平屋建69戸, 2階建73戸, 4階建112戸 計254戸
計	7.32	1.01	

第7表 ディーゼルエンジン・ヒートポンプ出力1 Gcal/時当りの消費熱量と熱効率

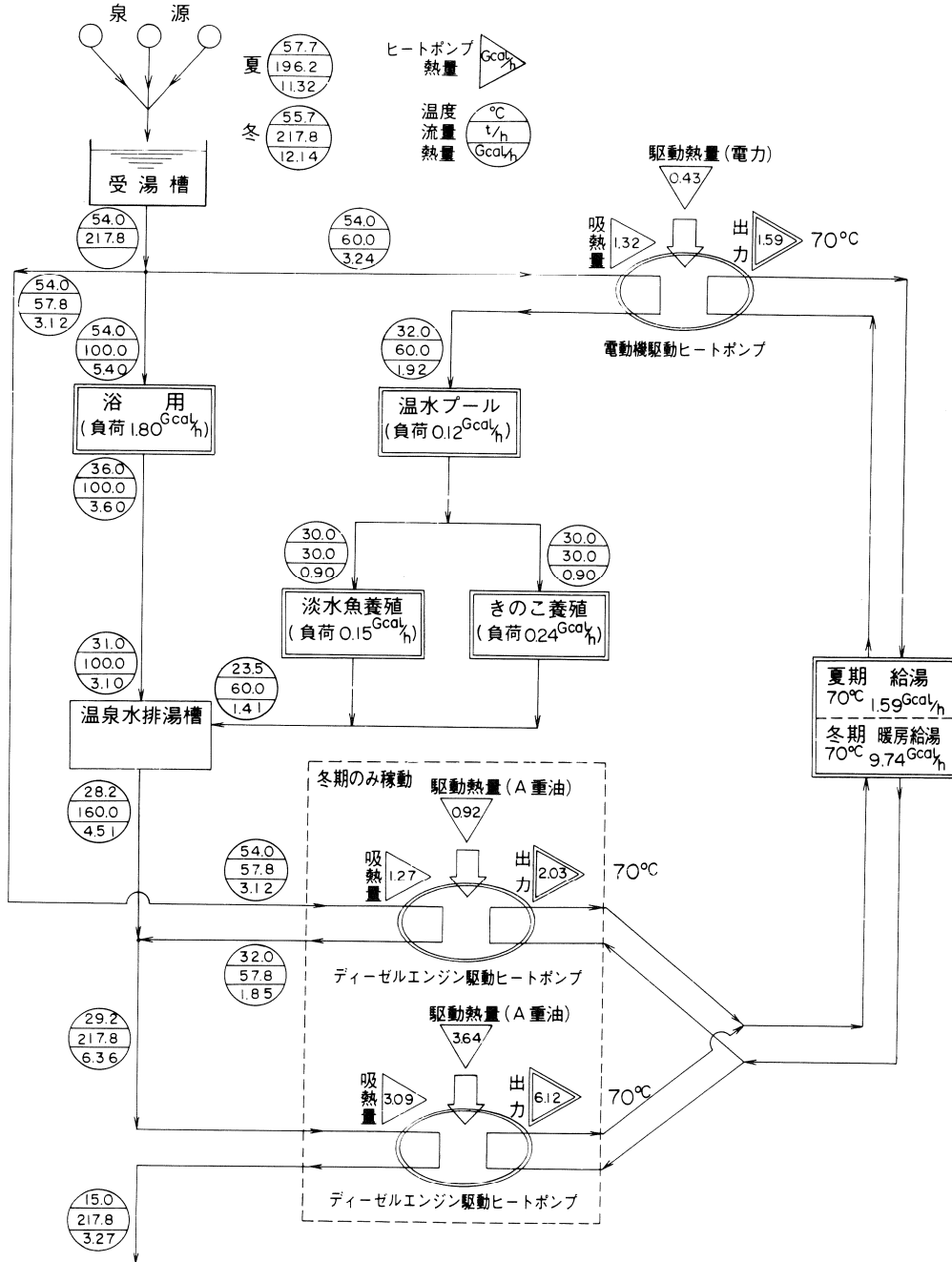
Table 7 Thermal efficiency and energy use per 1G·cal/hr of the power of diesel engine-heat pump

温 度 条 件		排 湯 吸 熱 量 (Gcal/h)	燃 料 消 費 熱 量 (Gcal/h)	ヒートポンプ出力 (Gcal/h)	消 費 燃 料 当 り 熱 効 率
排湯出口 温度(℃)	熱源水出口 温度(℃)				
15	80	0.472	0.690	1.000	1.449
15	75	0.467	0.639	1.000	1.565
15	70	0.505	0.594	1.000	1.684

で加温できるが、一方駆動用の熱量は第7表に示すように加温水の温度が低い程小さくなり、加温温度が低い程熱利用効率が高くなる。

以上の前提条件によって策定した阿寒湖畔の高度

熱利用の基本システムの熱収支を第19図に示す。本システムは温泉熱の効率的な利用のための一例であるが、湖畔地区に湧出する温泉水の熱を最大限に利用し、しかも加温に必要なエネルギー費の負担を



第19図 温泉利用計画のシステムフロー図

Fig. 19 System flow-diagram of use of the hot sp. energy.

エネルギー収支 (第18図による, 単位 Gcal/時)

	産出温泉熱エネルギー	外部補助エネルギー		利用熱エネルギー				排出エネルギー
夏 期	11.32(196.2 ton/時)	(電気) 0.43	(重油) 0	*(浴用)(給湯・暖房)(他) 合計 1.8 1.59 0.51 3.952				4.51
冬 期	12.14(217.8 ton/時)	0.43	4.56	1.8	9.74	0.51	14.332	3.27

\* 浴用は毎時100tonを供給

第 8 表 温泉熱高度利用システム, ヒートポンプ年間エネルギー費

Table 8 Energy consumption (Gcal/y) and it's price (10<sup>3</sup> yen) of the heat pump for heating and hot water supply on AKAN KOHAN

	エネルギー	エネルギー単価	ヒートポンプ出力1 Gcal当り		年間必要熱量	年間エネルギー消費量	年間エネルギー費
			消費熱量	エネルギー消費量			
暖房	A重油	77円/ℓ	0.558 Gcal	*1 63.4ℓ	15,500 Gcal/年	982.7 kℓ/年	75,668千円/年
給湯	電気	1,310円/kW・月 15.05円/kW・h	0.268 Gcal	311.2 kW	4,800 Gcal/年	*2 1,493.6 MW/年	*3 29,719千円/年
計					20,300 Gcal/年		105,387千円/年

\* 1 A重油1 ℓ 当り真発熱量 8,800 kcal/ℓ

\* 2 ポンプ, その他の動力を含まない

\* 3 基本料金を含む

小さくするように検討したものである。

暖房用と給湯用の温水温度は, いずれも 70℃ とセットしたが, 床暖房などを採用した場合には基準暖房としてはこれより低温度で充分である。いづれにしても極寒時には短時間でも補助暖房器を必要とするので, その施設を考慮すれば, 暖房温度は 70℃以下でも充分と考えられる。また上のエネルギー収支表からみると排出され放棄される熱量は, 取得熱量(温泉と他のエネルギーの合計)に対して, 19%程度(冬期)であり, 熱利用効率が高い。

湖畔地区の暖房および給湯の年間必要熱量に対する対応するヒートポンプの駆動エネルギー消費量と燃費の推定を第 8 表にしめす。

今後, 阿寒湖畔地域の温泉熱利用の事業化を進めるにあたって, 更に技術的, 経済的な検討を進め, 恵まれた温泉熱を無駄なく利用して, 地域の発展のために活用すべきであろう。

### あとがき

阿寒湖畔温泉について, 上にのべた各種の調査結果を要約し, 現状における解釈と開発利用の今後の方向に関して結論をまとめると以下ようになる。なお, 雄阿寒温泉や白土温泉については, 今後の精査により開発利用に結びつく要素はあるが, ここでは湖畔地域において開発利用の可能性が十分に認められるため, 今後の問題として残しておくことにする。

(1) 湖畔一帯の地熱徴候は, 熱源・胚胎機構に関して, 阿寒カルデラ形成後それに引き続く火山活動と, それに支配された地質構造に規制されている。この関係について概念的なモデルをしめした(第 4 図)。

(2) 湖畔温泉付近の地下には, カルデラ噴出物と湖成層よりなる一連の地層が発達している。これらは中央火口丘形成時の隆起運動により隆起部と沈降部を形成している。熱や火山発散物は主として隆起部で供給をうけている。

(3) 湖畔温泉は, 天水起源のものであり(松葉谷ほか, 1978), 中央火口丘溶岩に浸透流下した地下水が, 溶岩下の地層の隆起部で熱や火山発散物の供給を受け, 一部は高温泉として地表に湧出し, 一部は沈降部の火山噴出物中に胚胎している。沈降部の泥質な湖成層は不透水層を形成しているとみられる。

(4) 湖畔では 1 泉源あたり 200~600 l/min の揚湯がおこなわれ, 総熱量として  $17 \times 10^7$  cal/min の熱放出が続けられている。

(5) 湖畔地域における地下の透水量係数と貯留係数は, それぞれ  $26.2 \sim 31.3 \text{ cm}^2/\text{sec}$ ,  $1.11 \sim 6.09 \times 10^{-2}$  と見積られ, 他の温泉地と比較しても, かなり透水性が良い地層が存在するものとみられる。

(6) 泉源相互の影響は, 100 m 以上離れると水頭変化は極めて小さくなる。透水量係数・貯留係数よりみると, 温泉水は供給の多い自由面地下水タイプ

に近いものとみられ、量的には今後まだ開発の余地は充分残されていると判断される。

(7) 泉源は300 m以浅の掘さくによるものであるが、地下の比較的浅い泉脈からの採湯は不安定な(量・温度)傾向がある。また、温泉水が横方向から供給を受ける場合、深部において温度低下現象がみられる。

(8) 泉質は、NaおよびHCO<sub>3</sub>の含有率が卓越した深層地下水タイプの単純泉である。このことより、地下深部からの火山性熱水の供給はほとんど関与していないものと考えられる。また、地質構造・流通経路の差違により、成分組成に若干の違いがみられる。

(9) 温泉沈殿物によるスケールの生成については、一部の泉質で鉄質沈殿物の発生が予想されるが、もっとも障害となる石灰質および珪酸質系統の沈殿物は、泉質からみて生成する可能性は極めて低い。現状では温泉熱利用には、きわめて好条件下にある。しかし、全固形物量が低いわりにSiO<sub>2</sub>濃度が高い傾向にある。このため、将来深部開発によって溶存成分が高濃度の温泉が得られた場合、SiO<sub>2</sub>による珪質沈殿物の生成を考慮する必要がある。

(10) 湖畔地区は熱水胚胎には好条件にある。特に神社山を中心とする地域、白湯川上流地域(中央火口丘溶岩下の隆起部)で高地温が得られている。現在の開発深度が300 mであることを考慮すると、今後は500 m以上1,000 m程度が開発対象深度として上げられる。その時には、現存の泉源との距離、仕上げ方法、掘さく中の計測などを充分考えた計画が必要である。

(11) 湖畔地区の温泉熱による多目的利用は充分可能性があることが明らかになった。現状産出熱量をベースとし、多目的化へのより詳細で具体的な可能性調査・計画検討を行う必要がある。

(12) 現在の温泉利用状況や泉源の現況などから考えると、湖畔地区での熱利用は、温泉熱の有効利用という観点からは複数ステーションによる分散ステーション方式が最適であり、排湯からの熱回収を含めた加温水供給と温泉水供給が望ましい。この報告では、この考えにもとずいて熱供給システム(第19図)を素案としてしめたが、このような方式の決定には、さらに社会条件や経済条件などを含めた総合的な検討が必要であり、それには地域の希求や特性などの反映が大きな要因となる。したがって、具体的な計画作成には、これらについての充分な配慮が望まれる。

阿寒湖畔における温泉の開発利用は、現在までのところ浴用利用を中心として合理的に進められてきており、今後も開発の可能性は高い。しかし、熱利用としての泉源開発については、現在の泉源の活用と同時に深部に関する精密な調査検討が必要であるほか、雄阿寒温泉などの活用も考えられる。

深部開発については上述のごとく500~1,000 m深のテストボーリングによる量・温度・質の試験が必要であろうし、雄阿寒温泉などについては浅い泉源による揚湯試験などが必要であろう。

以上、今回の調査結果における現状の整理を行ったが、これらの資料が今後の開発利用における基礎資料となれば幸である。

## 文 献

- 福島孝治・須川明・藤木忠美(1957):阿寒湖畔温泉について。北海道衛生部。
- 一杉武治(1967):屈斜路地方地熱探査状況と登別地方の物理探査。地熱, No. 13, p. 49-61。
- 北海道立地下資源調査所(1980):北海道の地熱・温泉(D)北海道東部。
- 勝井義雄(1951):雌阿寒火山の地質。北海道地質要報, No. 16, p. 7-16。
- 勝井義雄(1958):阿寒・屈斜路火山群。地球科学, No. 39, p. 19-29。
- 河田英・内田豊・早川福利(1962):阿寒湖畔の温泉探査。地下資源調査所報告, No. 27, p. 61-68。
- 河田英(1979):阿寒湖畔温泉の調査と開発。前田一步園。
- 松葉谷治・酒井均・上田晃・提真(1978):北海道の温泉ならびに火山についての同位体化学的調査報告。岡山大学温泉研究所報告, No. 47, p. 55-67。
- 三上正樹・岡喜秋・石山栄三(1980):省エネルギー暖房システムに関する研究—ディーゼルエンジン・ヒートポンプの性能評価。北海道立工業試験場報告, No. 279, p. 165-175。
- 大川史郎・横山泉(1979):重力異常からみた阿寒カルデラの構造。北大地球物理学研究報告, Vol. 38, p. 17-29。
- 佐藤博之(1965):5万分の1地質図幅および同説明書「阿寒湖」。地質調査所。
- 鈴木醇・石川俊夫・鈴木淑夫・大町北一郎(1957):阿寒地方温泉地質班調査報告。北海道衛生部。

- 田中館秀三(1925)：北海道火山湖研究概報。北海道庁。
- 横山泉・村瀬勉・音田功・田島広一(1958)：屈斜路，阿寒湖および摩周湖地域における重力測定一序報一。火山，第 2 集，Vol. 3, No. 1, p. 51-52.
- 横山泉(1965)：カルデラの構造と成因。火山，第 2 集，Vol. 10, 10 周年特集号，p. 119-128.
- 横山泉(1974)：カルデラおよびその形成。地団研専報，No. 18, p. 41-53.
- 横山泉・勝井義雄・江原幸雄・小出潔(1976)：雌阿寒岳。北海道防災会議。





**The report of an investigation of hot springs in Akan,  
Akan province, Hokkaido**

— Hot spring and it's thermal use —

**Fukutoshi HAYAKAWA, Takeo MATSUNAMI, Kiyoshi FUTAMASE  
Masaki MIKAMI and Toru WAKE**

**Abstract**

The total water output of the hot springs in Akan Lakeside is about  $3.7\sim 4.1$  m<sup>3</sup>/min, and the amount of released thermal energy is  $2.0\sim 2.4\times 10^7$  cal/min. It has been utilized mainly for bathing, and most of this energy is wasted. Space heating and snow melting on roads and so on are suitable uses for surplus thermal water. Such uses contribute to new energy systems in hot spring resort zones like Akan in Hokkaido.

The Akan resort zone is located near the Akan caldera. According to geological data, geothermal indications (Fig. 1) and distribution of gravity anomaly, conceptually modified geothermal structure has been considered (Fig. 4). The coefficients of transmissibility and permeability of Akan's hot spring layer at a 100~300 m depth are very large like the free-surface aquifer coefficients. A few hot spring wells have negative temperature gradient. It appears that some kinds of underground stream of hot spring water or ground water is there.

Most hot spring water is chemically simple, only the concentrations of Na and HCO<sub>3</sub> are large. The hot springs around Akan Lake (Kohan, Hakudo, Oakan, Tezuka, Sesekimoi, Serigawa) have been divided into several chemical types. In general, the chemical Re is low, but SiO<sub>2</sub> (solved) is relatively high. The hot spring water obtainable from deeper zones may contain some silicate precipitates. Test borings to about 1,000 meters deep should be drilled in the future.

By data concerning total energy output, and from geological, geophysical and geochemical considerations on Akan area, utilization of hot spring thermal energy in this resort zone is examined. The demands of home-heating are about 100 kcal/hr·m<sup>2</sup> in Hokkaido, and a space of 70,000 m<sup>2</sup> may be heated by the hot spring energy without bath use in Akan.

Using a diesel engine heatpump, the most suitable system-flow diagram of hot spring energy use (Fig. 19) has been considered. Much more consideration and examination of economic and technical factors of thermal water utilization are needed.